

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. Juli 2004 (29.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/063524 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: E21B 28/00,  
37/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/000056

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. Januar 2004 (08.01.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 01 338.5 15. Januar 2003 (15.01.2003) DE  
103 61 983.6 18. Dezember 2003 (18.12.2003) DE

(71) Anmelder und

(72) Erfinder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): STEINBRECHER, Alexander [DE/DE];  
Karl-Liebknecht-Strasse 8, 04416 Markkleeberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KAHLE, Karsten  
[DE/DE]; Dorfstrasse 9, 06905 Bad Schmiedeberg, OT  
Splau (DE).

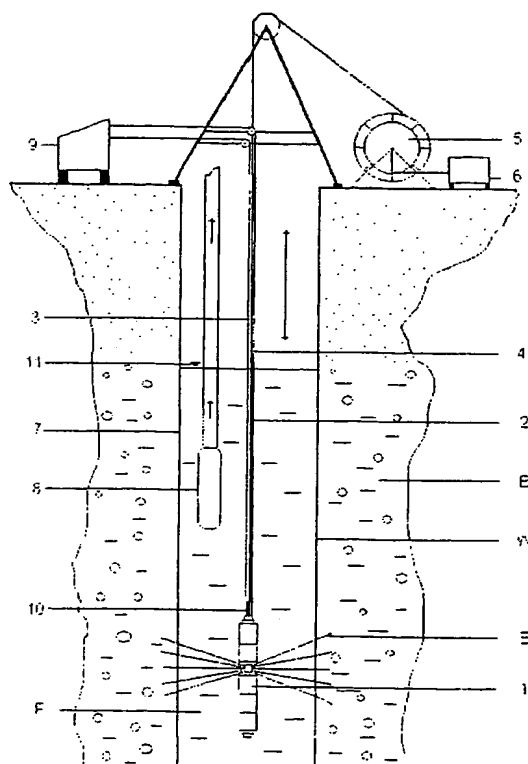
(74) Anwälte: GROSSE, Wolfgang usw.; Grosse, Bockhorni,  
Schumacher, Zimmerstr. 3, 04109 Leipzig (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR INTENSIFYING THE PERMEABILITY OF GROUND LAYERS CLOSE TO BORE HOLES AND FILTER BODIES AND FILTER LAYERS IN WELLS AND OTHER PRODUCTION WELLS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR INTENSIVIERUNG DER DURCHLÄSSIGKEIT VON BOHRUNGSNAHEN BODENSCHICHTEN SOWIE VON FILTERKÖRPERN UND FILTERSCHICHTEN IN BRUNNEN UND ANDEREN FÖRDERBOHRUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for intensifying the permeability of ground layers close to bore holes and filter bodies and filter layers (W) in the underground extraction areas (F) of wells and other production drill holes (11) wherein liquid is continuously pumped away in the extraction area (F) of the drill hole (11) by means of an underground pump (8). The liquid which is thus displaced is successively impinged upon with hydraulic energy pulses (E) in the direction of the walls of the drill hole, filter bodies and filter layers (W) by continually moving a pulse generator (1) up and down in the area of extraction (F). The effect of each energy pulse (E) is evaluated by means of seismic measurements and the parameters of the following energy pulses (E) are determined according to the evaluation of the measuring result of the previous energy pulse (E).

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Intensivierung der Durchlässigkeit von bohrungsnahen Bodenschichten sowie von Filterkörpern und Filterschichten (W) im untertägigen Förderbereich (F) von Brunnen und anderen Förderbohrungen (11) wird im Förderbereich (F) der Bohrung (11) mit einer Untertagepumpe (8) kontinuierlich Flüssigkeit abgepumpt und die in dieser Weise bewegte Flüssigkeit durch kontinuierliches Auf- und Abwärtsbewegen eines Impulsgenerators (1) im Förderbereich (F) sukzessive mit hydraulischen Energieimpulsen (E) in Richtung der Bohrungswände, Filterkörper und Filterschichten (W) beaufschlagt, und die Wirkung jedes Energieimpulses (E) wird durch seismische Messungen ausgewertet und die Parameter des folgenden Energieimpulses (E) werden auf der Grundlage der Auswertung der Messergebnisse des vorausgegangenen Energieimpulses (E) bestimmt.

WO 2004/063524 A1



FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Verfahren und Vorrichtung zur Intensivierung der Durchlässigkeit von  
bohrungsnahen Bodenschichten sowie von Filterkörpern und Filterschichten  
in Brunnen und anderen Förderbohrungen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung, mit deren Hilfe die Durchlässigkeit von bohrungsnahen Bodenschichten sowie von in die Bohrung eingebrachten Filterkörpern und Filterschichten in Brunnen und anderen Förderbohrungen intensiviert werden kann.

In Brunnen und anderen Förderbohrungen lagern sich während des Betriebes in den bohrungsnahen Bodenschichten sowie in den in die Bohrung eingebrachten Filterkörpern und Filterschichten Feststoffe und Inkrustationen ab, welche die Durchlässigkeit für das zu fördernde flüssige Medium zunehmend verschlechtern.

Um einer dadurch hervorgerufenen Verschlechterung der Förderleistung entgegenzuwirken, sind aus dem Stand der Technik verschiedene Verfahren und Vorrichtungen bekannt.

So beschreibt das deutsche Patent DE 195 37 689 C2 ein Verfahren zur Regenerierung eines Brunnens, bei dem ein zylindrischer Körper zwischen zwei Drahtscheiben als Zentrierung in den Brunnen hinabgesenkt wird, und durch Öffnung eines Ventils in diesem Körper ein

unter hohem Druck stehendes Gas gegen die Brunnenwand beschleunigt wird. Diese Gasmenge wirkt dabei pulsierend als Druckwelle gegen die Brunnenwand, wobei die Öffnungszeitpunkte des Ventils, die austretende Gasmenge und der Gasdruck vor den Regenerierungsarbeiten im Brunnen fest eingestellt werden können.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass während der Arbeit im Brunnen keine zeitgleiche und sofortige Anpassung des Gasdruckes, der Gasmenge und der Öffnungszeitpunkte des Ventils an die sich durch die Bearbeitung nach jedem Impuls ändernden hydraulischen Eigenschaften des Brunnens und dessen Umgebung im Boden erfolgen können, und dass die Öffnung des Ventils nicht durch ein Signal zu einem exakt definierten Zeitpunkt erfolgt. Auch garantiert der angegebene Druck von 10 bis 25 bar keine hohe Eindringtiefe in die zu regenerierenden bohrungsnahen Bodenschichten bzw. in die Filterkörper und Filterschichten.

Aus dem DE 199 32 593 C1 ist ein weiteres Verfahren bekannt, welches mindestens einen senkrechten Bohrungsabschnitt im Brunnen, der durch zwei Packer gegenüber der übrigen Bohrung abgegrenzt wird, mit einem gasförmigen oder flüssigen Druckmittel pulsweise beaufschlägt. Das vorhandene Brunnenwasser und/oder das Druckmittel wird durch die Filterwände in die umgebenden Filterkiesschichten gepresst. Unmittelbar im Bereich des Bohrungsabschnittes wird dabei ein Druckbehälter als Pufferspeicher für das Druckmittel eingesetzt, um Druckverluste in Druckleitungen zu vermeiden.

Das Wirkprinzip zur Erzielung eines Regenerierungseffektes besteht bei diesem Verfahren im pulsweisen Beaufschlagen des Bohrungsabschnittes mit einem gasförmigen oder flüssigen Druckmittel und dem dadurch hervorgerufenen Verpressen des Brunnenwassers und/oder des Druckmittels durch die Filterschlitz in die Filterkiesschichten, das heißt, es erfolgt lediglich eine Volumenverdrängung durch die Filterschlitz hindurch.

In der Patentanmeldung DE 198 43 292.5 wird weiterhin ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem mittels plötzlicher Entspannung eines komprimierten Gases oder einer unter Druck stehenden Flüssigkeit im Brunnen Impulse freigesetzt werden. Auf Grund des in der Gegendruckkammer verwendeten bewegungsträgen Materials ist der Öffnungs- und Schließ-

vorgang der zur Durchführung des Verfahrens verwendeten Vorrichtung zu langsam, um einen kinetischen Energieimpuls zu erzeugen. Auch wird wiederum lediglich eine druckwechselnde Volumenverdrängung als Regeneriereffekt wirksam.

Schließlich ist ein Verfahren bekannt, bei dem zur Brunnenregenerierung Druckimpulse im Brunnen mittels Sprengladung erzeugt werden. Der Einsatz dieses Verfahrens ist auf keinen Fall bei jedem Brunnen möglich, da die erzeugten Druckimpulse sehr energiereich und kaum regelbar sind, und zu Zerstörungen des Ausbaumaterials führen können.

Allen bekannten Verfahren liegt das gemeinsame Prinzip zugrunde, mittels kurzzeitiger und teilweise pulsierender Volumenverdrängung im Saugbereich einer Förderbohrung das dort befindliche Medium oder ein Fremdmedium durch die Filterschlitzte hindurch in die umgebende Filter- und/oder Bodenschicht zu drücken. Die notwendige Volumenverdrängung wird durch die bei den einzelnen Verfahren unterschiedlich schnelle Freisetzung eines zumeist größeren Volumens eines unter Druck stehenden Fremdmediums (technisches Gas, Explosionsgas, Flüssigkeit) bewirkt.

Das Prinzip der Volumenverdrängung grenzt dabei die Reichweite der bekannten Verfahren in die Bohrungsumgebung ein, da die Kompressibilität von Flüssigkeiten bekanntlich gering ist. Lediglich beim Einsatz von Sprengstoff wird durch die sehr hohe Geschwindigkeit der chemischen Umsetzung des Sprengstoffes zusätzlich ein Energieimpuls in der Flüssigkeit erzeugt, der eine große Reichweite dieses Verfahrens bewirkt, aber zugleich durch den sehr schnellen zeitlichen Ablauf zu einem „harten“ Impuls führt, der für die Bohrung und die Ausbaumaterialien ein großes Risiko beinhaltet.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Intensivierung der Durchlässigkeit von bohrungsnahen Bodenschichten sowie von Filterkörpern und Filterschichten in Brunnen und anderen Förderbohrungen zu schaffen, die verglichen mit dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren und Vorrichtungen eine höhere Effizienz der Intensivierung der Durchlässigkeit von bohrungsnahen Bodenschichten sowie von Filterkörpern und Filterschichten ermöglicht, ohne dass ein Risiko bezüglich der Zerstörung der Bohrung und deren Ausbauten besteht.

Die Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 und hinsichtlich der Vorrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 7 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens bilden die Merkmale der Unteransprüche 2 bis 6, während vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung die Merkmale der Patentansprüche 8 bis 11 bilden.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Längsschnitt durch eine Förderbohrung mit einer darin angeordneten erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 zeigt Einzelheiten der Struktur einer für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens benutzten Vorrichtung.

Fig. 3 zeigt in einer der Fig. 1 ähnlichen Ansicht eine Förderbohrung mit einer darin angeordneten modifizierten erfindungsgemäßen Vorrichtung

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der zugehörigen Vorrichtung wird unter messtechnisch exakt kontrollier- und steuerbaren Parametern mittels eines mit im Regelfall hoher kinetischer Energie beaufschlagten, jedoch sehr kleinen Flüssigkeitsvolumens ein hydraulischer Energieimpuls E im Förderbereich F der Förderbohrung 11 erzeugt, der durch eine mittels einer Untertagepumpe 8 in der Förderbohrung 11 kontinuierlich erzeugte dynamische Strömung in seiner Effektivität noch verstärkt wird. Entsprechend den Figuren 1 bis 3 wird von einem übertage befindlichen Druckaggregat 6 aus eine Flüssigkeit (z. B. bei einem Brunnen das aus diesem stammende Wasser) mit hohem Druck (bis zu 150 bar) in eine Druckleitung 2 eingepresst, an deren Ende sich ein Impulsgenerator 1 befindet, welcher mit einem großflächigen Ventil versehen ist, das in der Lage ist, innerhalb von 1 bis 2 Millisekunden sich zu öffnen und wieder zu schließen und dabei ein zuvor exakt definierbares,

sehr kleines Volumen der unter hohem Druck stehenden Flüssigkeit (ca. 300 ml) in dieser kurzen Zeiteinheit in die zu fördernde Flüssigkeit, z. B. das umgebende Brunnenwasser freizusetzen. Der Effekt der Volumenverdrängung ist auf Grund der verwendeten kleinen Volumenmenge gering, vielmehr werden die Moleküle des Brunnenwassers durch den schlagartigen Anstoß der mit hoher kinetischer Energie freigesetzten kleinen Flüssigkeitsmenge in Schwingungen versetzt, und der dadurch erzeugte hydraulische Energieimpuls E pflanzt sich auf Grund der physikalischen Erscheinung als Impulsströmung durch die Filterschlitzte hindurch in die in der Förderbohrung 11 umgebende Flüssigkeit fort und bewirkt dabei durch das Schwingen der Flüssigkeitsmoleküle an ihrem jeweiligen Platz ein Loslösen von Verkrustungen an Innen- wie Außenseiten des Filterrohres sowie das Bewegen von z. B. Feinkornanteilen aus Filterkiesschüttungen.

Da als Verfahrensbestandteil zeitgleich durch regelbares, kontinuierliches Abfördern mittels einer Untertagepumpe 8 eine Dynamik in der Förderbohrung 11 und ihrer Umgebung erzeugt wird, werden alle durch den hydraulischen Energieimpuls E von ihrem bisherigen Verweilort fortbewegten Bestandteile sofort abgefördert.

Das ununterbrochene Abpumpen wird dadurch ermöglicht, dass beim erfindungsgemäßen Verfahren durch Verwendung kleinster Flüssigkeitsmengen keine aufsteigenden Gasblasen erzeugt werden. Der Impulsgenerator 1 wird während der Regenerierung im Förderrohr 7 im Förderbereich F mittels einer Schlauchwinde 5 definiert auf und ab bewegt.

Das Steuersignal zum Öffnen des Ventils des Impulsgenerators 1 wird von der Steuereinheit 9 als elektrisches Signal über ein Steuerkabel 4 zum Impulsgenerator 1 geleitet.

Durch das Steuersignal wird der Elektromagnet 14 kurzzeitig energetisiert und der Ventilteller 16 öffnet die Arbeitskammer 12, und die hier zuvor angestaute und mit kinetischer Energie versehene Flüssigkeitsmenge tritt innerhalb von 1 bis 1,5 Millisekunden durch die Austrittsöffnungen 13 in die umgebende zu fördernde Flüssigkeit aus.

Durch die Energetisierung des Elektromagneten 14 wird gleichzeitig der untere Ventilteller 17 gegen den Druck einer in der Ventilschließkammer 15 befindlichen Flüssigkeit nach

unten gedrückt. Sofort nach Entspannung des Volumens in der Arbeitskammer 12 drückt der in der Ventilschließkammer 15 herrschende Druck den unteren Ventilteller 17 nunmehr wieder schlagartig in die umgekehrte Richtung zurück, und das Ventil 13 wird somit nach ca. 2 bis 2,5 Millisekunden wieder geschlossen. Das in der Ventilschließkammer 15 befindliche Flüssigkeitsvolumen kann sowohl in seiner Menge als auch in seinem Druck über ein von der Steuereinheit 9 betätigbares Schließventil 18 verändert werden.

Das Volumen der Arbeitskammer 12 ist ebenfalls unter Betriebsbedingungen von der Steuereinheit 9 aus veränderbar. Dadurch ist die Vorrichtung an alle Ausbaumaterialien von Förderbohrungen 11 und deren Durchmesser in ihren physikalischen Parametern und somit in der Wirkungsstärke des erzeugten kinetischen Energieimpulses  $E$  anpassbar. Eine Eingrenzung hinsichtlich der Einsatztiefe in den Förderbohrungen 11 besteht für das Verfahren nicht.

An dem Impulsgenerator 1 ist ein Sensor 10 angeordnet, der den energetischen und zeitlichen Verlauf der Energieimpulse  $E$  kontinuierlich erfasst und über eine Messleitung 3 an die übertragende Steuereinheit 9 sendet. Hier hat der Bediener die Möglichkeit, anhand des vom Sensor 10 erfassten Verlaufes der Impulswirkung, der Veränderung des dynamischen Flüssigkeitsspiegels in der Förderbohrung 11 und des am Pumpenauslauf registrierbaren Austrages von gelösten Kolmatanten ständig die Auslösung der Energieimpulse  $E$ , den Arbeitsdruck der am Impulsgenerator 1 anstehenden Flüssigkeit und die Förderleistung der Untertagepumpe 8 zu steuern.

Durch die mittels des Sensors 10 erfassbaren Parameter ist das erfindungsgemäße Verfahren exakt steuerbar und damit in der Lage, während der Regenerierung einer Förderbohrung 11 sich ständig und ohne Unterbrechung des Regeneriervorganges an die sich im Verlauf der Bearbeitung verändernden Bedingungen im hydraulischen System der Förderbohrung 11 exakt anzupassen.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren durch die komplexe Messbarkeit und Steuerbarkeit seiner physikalischen Parameter an jedes bekannte Ausbaumaterial der Förderbohrung 11 angepasst werden.



Ist das Filtermaterial sehr spröde, wie z. B. bei Steinzeug oder gealtertem PVC, dürfen die hydraulischen Energieimpulse nur einen geringen Energieinhalt aufweisen, damit die spröden Materialien auch in diesem Fall weder beschädigt noch zerstört werden. Sind bei solchem sehr spröden Filtermaterial die Filterschichten auch noch besonders stark kolmatiert (z. B. durch zu lange Betriebszeit ohne Regenerierung oder durch extreme Eisengehalte im Fördermedium), ergibt sich durch den geringen Energieinhalt der Impulse eine lange Bearbeitungsdauer bzw. die Durchlässigkeit der Filterkörper, Filterschichten und bohrungsnahen Bodenschichten wird bei vertretbarer Bearbeitungsdauer nicht im gewünschten Maße intensiviert.

In diesem Falle werden das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung in der Weise modifiziert wie dies in Fig. 3 dargestellt ist und im folgenden beschrieben werden soll.

Bei der in Figur 3 dargestellten Förderbohrung 11 handelt es sich um einen Brunnen zur Trinkwassergewinnung.

Der zu regenerierende Brunnen wird zunächst in der zuvor beschriebenen Weise bearbeitet. Da das Filterrohr W des zu regenerierenden Brunnens, welches in Figur 3 mit gestrichelten Linien im Schnitt schematisch dargestellt ist, aus sehr sprödem Material besteht, wird die Energie für die hydraulischen Energieimpulse sehr niedrig gewählt, um Beschädigungen des Filterrohres W auf alle Fälle zu vermeiden. Durch den geringen Energieeintrag würde sich die Bearbeitungsdauer beträchtlich verlängern. Kommt nun noch hinzu, dass auch die Filterschichten besonders stark kolmatiert sind, was bei zu langer Betriebszeit des Brunnens ohne Regenerierung oder auch bei extrem hohen Eisengehalten des Grundwassers auftreten kann, ist es möglich, dass die Bearbeitung bei dem geringen Energieeintrag unverhältnismäßig lange dauert und die Kolmatanten bei vertretbarer Bearbeitungsdauer nicht vollständig aus den Filterschichten entfernt werden.

Deshalb wird in solchen Fällen das zuvor beschriebene Verfahren abgebrochen oder unterbrochen, nachdem die Innenflächen gereinigt und die Durchlassöffnungen im Filterrohr W

freigelegt wurden. Der Impulsgenerator 1 und die Untertagepumpe 8 werden aus der Förderbohrung 11 vorübergehend entnommen, und der Impulsgenerator 1 wird an seinem unteren und oberen Ende mit Packerscheiben P versehen, die mit dem Innendurchmesser des in der Förderbohrung 11 befindlichen Filterrohres W korrelieren. Dann wird der mit den Packerscheiben P versehene Impulsgenerator 1 bis zu einem Endabschnitt des Filterrohres W abgesenkt, und mittels des Druckaggregates 6 wird eine z. B. handelsüblich zur Verfügung stehende Regenerierflüssigkeit, über den Druckschlauch 2 und den Impulsgenerator 1 mit schwachen Energieimpulsen E durch die freigelegten Durchlassöffnungen des Filterrohres W hindurch in die Umgebung der Förderbohrung 11, d. h. bei der Brunnenregenerierung in den Aquifer A hineingepulst bzw. hineingepresst. Dies geschieht abschnittsweise, jeweils aufeinander folgend etwa im Abstand der Packerscheiben P am Impulsgenerator 1, bis das andere Ende des Filterrohres W erreicht ist. Danach wird der Impulsgenerator 1 mit den daran befestigten Packerscheiben P aus der Förderbohrung 11 wieder entnommen, und die Untertagepumpe 8 wird wieder in die Förderbohrung 11 eingebracht. Nach definierter Einwirkungszeit der Regenerierflüssigkeit wird dann die Untertagepumpe 8 wieder in Gang gesetzt, und die Regenerierflüssigkeit wird zusammen mit den gelösten Kolmatanten vollständig abgepumpt. Danach wird, wie nach jeder Brunnenregenerierung üblich, eine Intensiventnahme von Wasser vorgenommen.

Um den Reinigungseffekt des vorstehend beschriebenen modifizierten erfindungsgemäßen Verfahrens noch weiter zu verstärken, werden nach dem Einpulsen und Einpressen der Regenerierflüssigkeit und der darauf folgenden erneuten Entnahme des Impulsgenerators 1 und der Untertagepumpe 8 aus der Förderbohrung 11 die Packerscheiben P vom Impulsgenerator 1 wieder entfernt, der Impulsgenerator 1 und die Untertagepumpe 8 werden erneut in die Förderbohrung eingebracht, und die Regenerierflüssigkeit wird nach definierter Einwirkungszeit unter Auf- und Abwärtsbewegen des Impulsgenerators 1 und unter gleichzeitiger sukzessiver Aussendung von schwachen hydraulischen Energieimpulsen durch den Impulsgenerator 1 mittels der Untertagepumpe 8 zusammen mit den gelösten Kolmatanten vollständig abgepumpt.

Mittels der beiden letztgenannten modifizierten Ausführungsformen der Erfindung kann das Verfahren zur Intensivierung der Durchlässigkeit von bohrungsnahen Bodenschichten sowie

von Filterkörpern und Filterschichten im untertägigen Förderbereich von Brunnen und anderen Förderbohrungen auch dann vor allem zur Brunnenregenerierung mit Vorteil angewandt werden, wenn die Brunnen mit besonders spröden Filterrohren z. B. aus Steinzeug oder aus gealtertem PVC versehen und die Filterschichten zusätzlich stark kolmatiert sind.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Intensivierung der Durchlässigkeit von bohrungsnahen Bodenschichten (B) sowie von Filterkörpern und Filterschichten (W) im untertägigen Förderbereich (F) von Brunnen und anderen Förderbohrungen (11), **dadurch gekennzeichnet, dass** im Förderbereich (F) der Bohrung (11) mit einer Untertagepumpe (8) kontinuierlich Flüssigkeit abgepumpt wird, dass die in dieser Weise bewegte Flüssigkeit durch kontinuierliches Auf- und Abwärtsbewegen eines Impulsgenerators (1) im Förderbereich (F) sukzessive mit hydraulischen Energieimpulsen (E) in Richtung der Bohrungswände, Filterkörper und Filterschichten (W) beaufschlagt wird, und dass die Wirkung jedes Energieimpulses (E) durch seismische Messungen ausgewertet wird und die Parameter des folgenden Energieimpulses (E) auf der Grundlage der Auswertung der Messergebnisse des vorausgegangenen Energieimpulses (E) bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energieimpulse (E) durch ein übertage angeordnetes Druckaggregat (6), welches über eine Druckleitung (2) mit dem im Förderbereich (F) bewegten Impulsgenerator (1) dicht verbunden ist, erzeugt werden, wobei das Druckaggregat (6) einen hohen Druck auf eine Flüssigkeit ausübt, die über die Druckleitung (2) im Impulsgenerator ansteht, und mit einem definierten Druck und während einer definierten Zeitdauer aus dem Impulsgenerator (1) in die zu fördernde Flüssigkeit ausschießt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und/oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wirkung jedes Energieimpulses (E) mittels eines vor Ort am Impulsgenerator (1) installierten seismischen Sensors (10) erfasst und über eine Messleitung (3) zu einer übertage angeordneten Steuereinheit (9) übertragen und dort ausgewertet wird, und dass nach Auswertung der Messsignale die Parameter des folgenden Energieimpulses (E) durch Einstellung des vom Druckaggregat (6) ausgeübten Druckes und durch mindestens ein Steuersignal, welches über eine Steuerleitung (4) zur zeitlich definierten Auslösung des Impulsgenerators (1) übertragen wird, bestimmt werden.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Steuersignale zur zeitlich definierten Auslösung des Impuls-generators (1), zur Einstellung des Flüssigkeitsvolumens für den hydraulischen Impuls und zur Bestimmung der Dauer des Energieimpulses (E) zum Impuls-generator (1) übertragen werden.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bearbeitung mit schwachen Energieimpulsen durchgeführt und nach Reinigung der Innenflächen sowie der Freilegung der Durchlassöffnungen des Filterrohres (W) abgebrochen oder unterbrochen wird, dass der Impuls-generator (1) und die Untertagepumpe (8) aus der Förderbohrung (11) vorübergehend entfernt und der Impuls-generator (1) an seinem unteren und oberen Ende mit Packerscheiben (P) versehen wird, die mit dem Innendurchmesser des Filterrohres (W) korrelieren, dass danach der mit den Packerscheiben (P) versehene Impuls-generator (1) bis zu einem Endabschnitt des Filterrohres (W) hinabgelassen und mittels des Druckaggregates (6) eine Regenerierflüssigkeit über den Druckschlauch 2 und den Impuls-generator 1 mit schwachen Energieimpulsen (E) durch die freigelegten Durchlassöffnungen des Filter-rohres (W) in die Umgebung der Förderbohrung (11), d. h. in den Aquifer (A), in Abschnitten, die jeweils etwa dem Abstand der Packerscheiben (P) am Impuls-generator (1) entsprechen, bis zum anderen Ende des Filterrohres (W) aufeinander folgend hineingepulst bzw. hineingepresst werden, dass der Impuls-generator (1) dann aus der Förderbohrung (11) erneut entfernt, die Untertagepumpe (8) wieder in die Förderbohrung (11) eingebracht und die Regenerierflüssigkeit nach definierter Ein-wirkungszeit mittels der Untertagepumpe (8) zusammen mit den gelösten Kolmatan-ten vollständig abgepumpt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Einpulsen und Einpressen der Regenerierflüssigkeit und der darauf folgenden Entfernung des Impuls-generators (1) und der Untertagepumpe (8) aus der Förderbohrung (11) die Packerscheiben (P) vom Impuls-generator (1) wieder entfernt und der Impuls-generator (1) sowie die Untertagepumpe (8) in die Förderbohrung erneut eingebracht werden,

und dass die Regenerierflüssigkeit nach definierter Einwirkungszeit unter Auf- und Abwärtsbewegen des Impulsgenerators (1) und gleichzeitiger sukzessiver Aussendung von schwachen hydraulischen Energieimpulsen durch den Impulsgenerator (1) mittels der Untertagepumpe (8) zusammen mit den gelösten Kolmatanten vollständig abgepumpt wird.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** einen in den Förderbereich (F) der Bohrung (11) absenkbaren und im Förderbereich (F) auf und ab bewegbaren Impulsgenerator (1), einen am Impulsgenerator (1) installierten seismischen Sensor (10), eine übertage angeordnete Steuereinheit (9), die über je eine Mess- und Steuerleitung (3, 4) mit dem seismischen Sensor (10) und dem Impulsgenerator (1) verbunden ist, ein übertage angeordnetes Druckaggregat (6), das über eine Druckleitung (2) mit dem Impulsgenerator (1) verbunden ist, und eine in den Förderbereich der Bohrung absenkbare Untertagepumpe (8).
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Impulsgenerator (1) umfasst: einen Zylinder, in dessen oberem Teil eine mit der Druckleitung (2) verbundene volumenveränderbare Arbeitskammer (12) mit im Ruhezustand verschlossenen Austrittsöffnungen (13) angeordnet ist, und in dessen unterem Teil eine Ventilschließkammer (15) angeordnet ist, und beide Kammern durch einen elektromagnetisch betätigbaren Ventilkolben (V) in Wirkverbindung stehen, wobei der Ventilkolben (V) durch kurzzeitige Energisation eines Elektromagneten (14) nach unten bewegbar ist, und mittels eines daran angeordneten oberen Ventiltellers (16) die Austrittsöffnungen (13) freisetzbar und der in der Arbeitskammer (12) angestaute Überdruck als hydraulischer Impuls aussendbar ist, wobei ein am Ventilkolben angeordneter unterer Ventilteller (17) in dieser Stellung für eine starke Erhöhung des Druckes in der Ventilschließkammer (15) sorgt, und unmittelbar nach Entspannung der Arbeitskammer (12) der Ventilkolben (V) über den Ventilteller (17) in die Ausgangslage zurückdrückbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 und/oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das in der Ventilschließkammer (15) befindliche Flüssigkeitsvolumen und der Druck über ein Schließventil (18) steuerbar ist.
10. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Impulsgenerator (1) an seinem unteren und oberen Ende zeitweise mit je einer Packerscheibe (P) versehen wird.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Packerscheiben (P) in ihrem Durchmesser mit dem Innendurchmesser des Filterrohres (W) der Förderbohrung korrelieren.

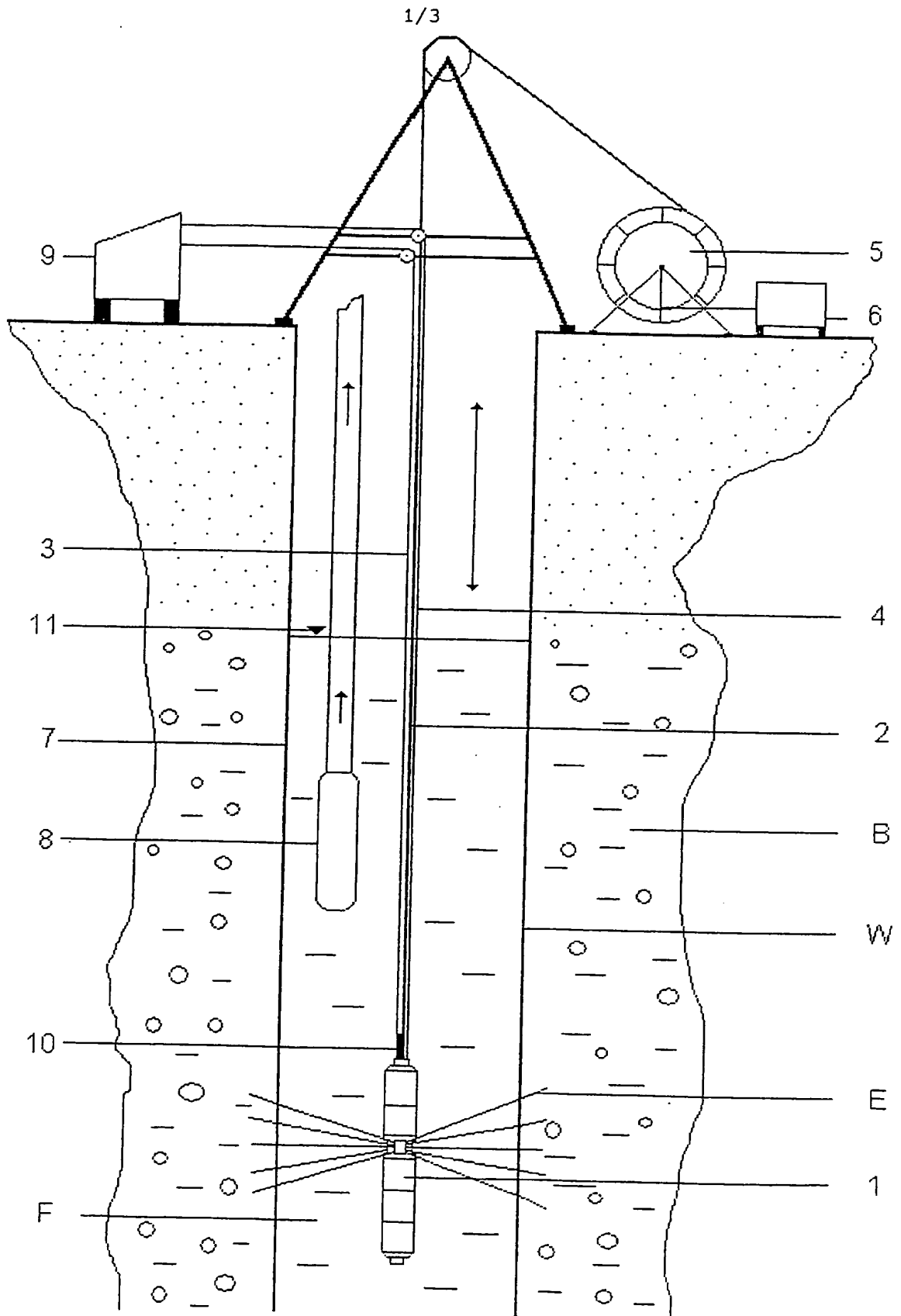


Fig. 1



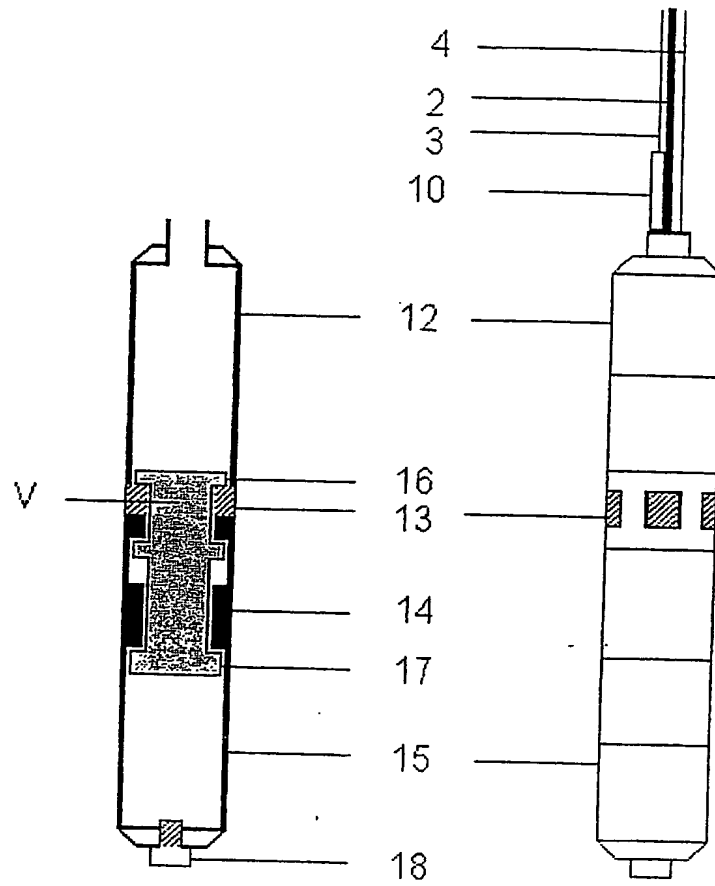


Fig. 2

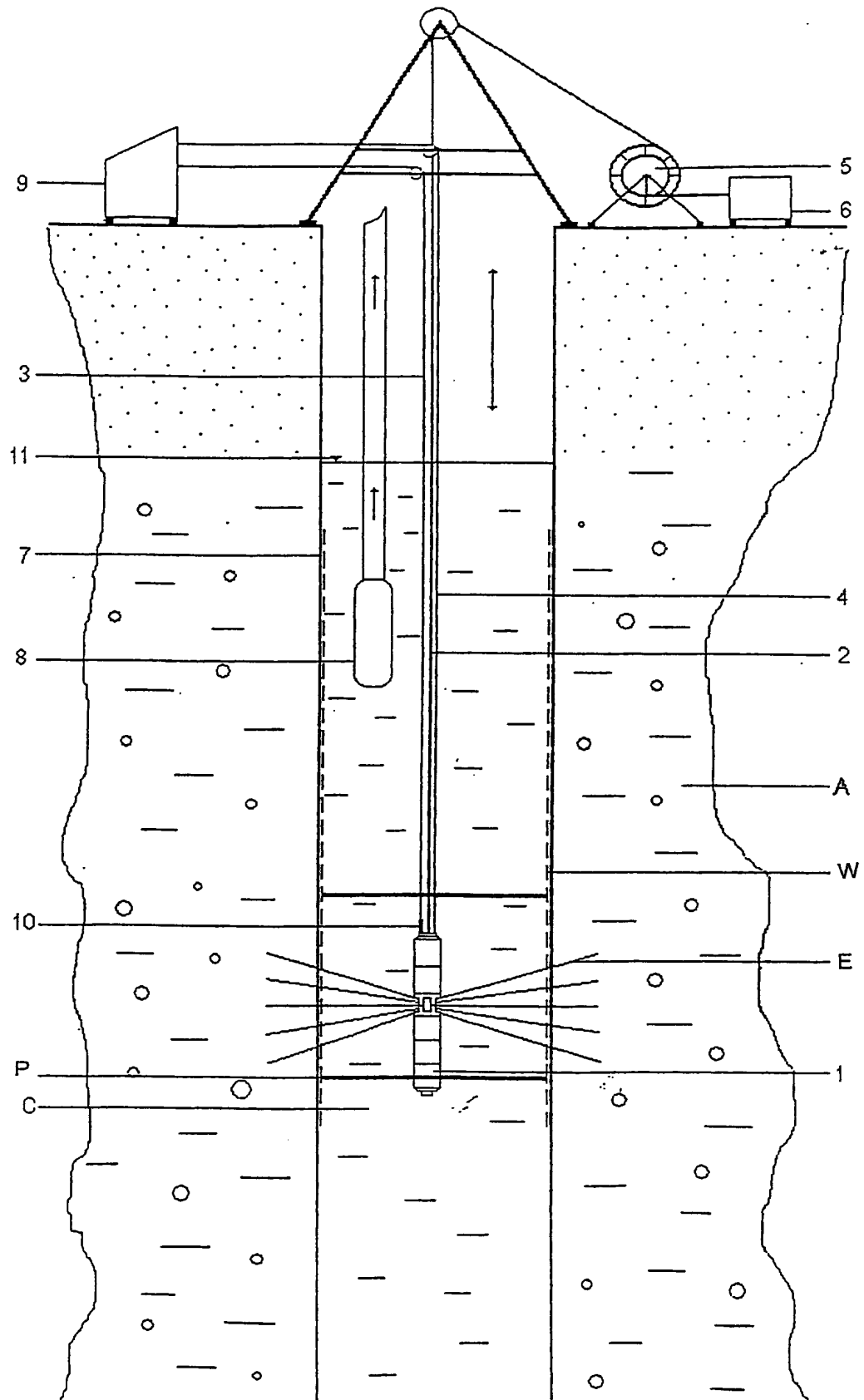


Fig. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/000056

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 E21B28/00 E21B37/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 E21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 199 13 239 A (TEGEO GMBH) 2 August 2001 (2001-08-02) column 2, line 31 - line 48; figure 1	1,7
Y	DE 199 32 593 C (AQUAPLUS BRUNNENSANIERUNG H MU) 23 May 2001 (2001-05-23) cited in the application column 4, line 39 - line 56; figure 1	1,7
A	US 2001/017206 A1 (DUSSEAULT MAURICE BERNARD ET AL) 30 August 2001 (2001-08-30) the whole document	1,7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 May 2004

Date of mailing of the international search report

11/06/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ott, S

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/000056

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19913239	A	02-08-2001	DE 19913239 A1	02-08-2001
DE 19932593	C	23-05-2001	DE 19932593 C1	23-05-2001
US 2001017206	A1	30-08-2001	US 2002195246 A1	26-12-2002
			CA 2232948 A1	24-09-1998
			GB 2324819 A , B	04-11-1998
			US 6241019 B1	05-06-2001

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/000056

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 E21B28/00 E21B37/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 E21B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 199 13 239 A (TEGEO GMBH) 2. August 2001 (2001-08-02) Spalte 2, Zeile 31 - Zeile 48; Abbildung 1	1,7
Y	DE 199 32 593 C (AQUAPLUS BRUNNENSANIERUNG H MU) 23. Mai 2001 (2001-05-23) in der Anmeldung erwähnt Spalte 4, Zeile 39 - Zeile 56; Abbildung 1	1,7
A	US 2001/017206 A1 (DUSSEAUT MAURICE BERNARD ET AL) 30. August 2001 (2001-08-30) das ganze Dokument	1,7

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Mai 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11/06/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ott, S

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2004/000056**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19913239	A	02-08-2001	DE	19913239 A1	02-08-2001
DE 19932593	C	23-05-2001	DE	19932593 C1	23-05-2001
US 2001017206	A1	30-08-2001	US	2002195246 A1	26-12-2002
			CA	2232948 A1	24-09-1998
			GB	2324819 A ,B	04-11-1998
			US	6241019 B1	05-06-2001